

# 半導体による大面積硬X線観測

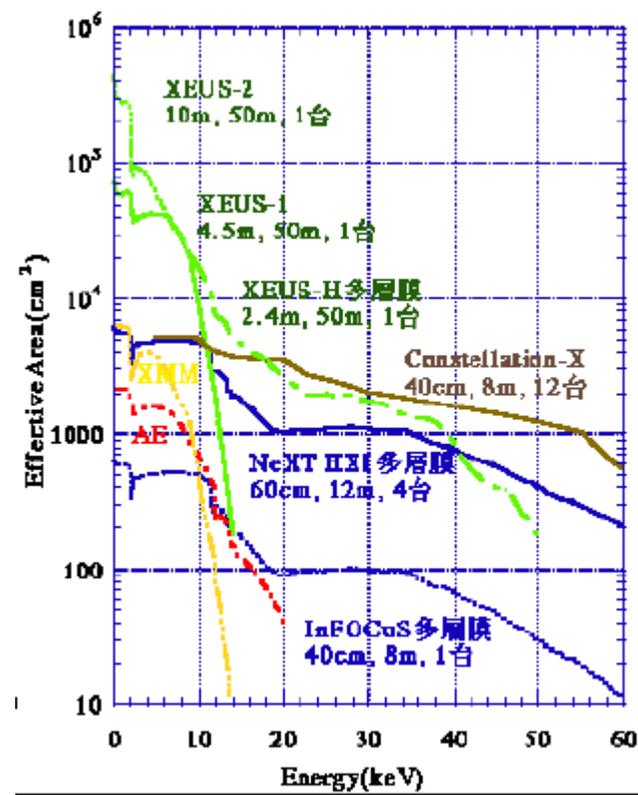
深沢泰司、大杉節、宇野進吾

(広島大理)

2010年くらいから硬X線領域 (10-60keV)での  
望遠鏡観測が開始

高感度撮像により  
さまざまな天体の非  
熱的X線の観測が  
可能に。

特に暗い硬X線天体  
コンパクトに広がった天体



# 硬X線望遠鏡

2010年ごろの第1世代の望遠鏡

10-60keVで面積1,000cm<sup>2</sup>ほど  
視野 10分角くらい

少し弱い

短時間変動によるスペクトル変化  
大きく広がった天体



大面積、視野の大きい観測が有利

大面積にするのが大変

↓ 製作、重量、コスト

大型ミッションでないと実現できない

大面積10,000cm<sup>2</sup>以上、1度くらいの視野がほしい  
望遠鏡以外の候補

ガス検出器	実績あり 読み出し容易	阻止能が小さい 高圧が必要
-------	----------------	------------------

シンチレータ	実績あり、安定 読み出し容易	BGD高い E悪い 重い
--------	-------------------	-----------------

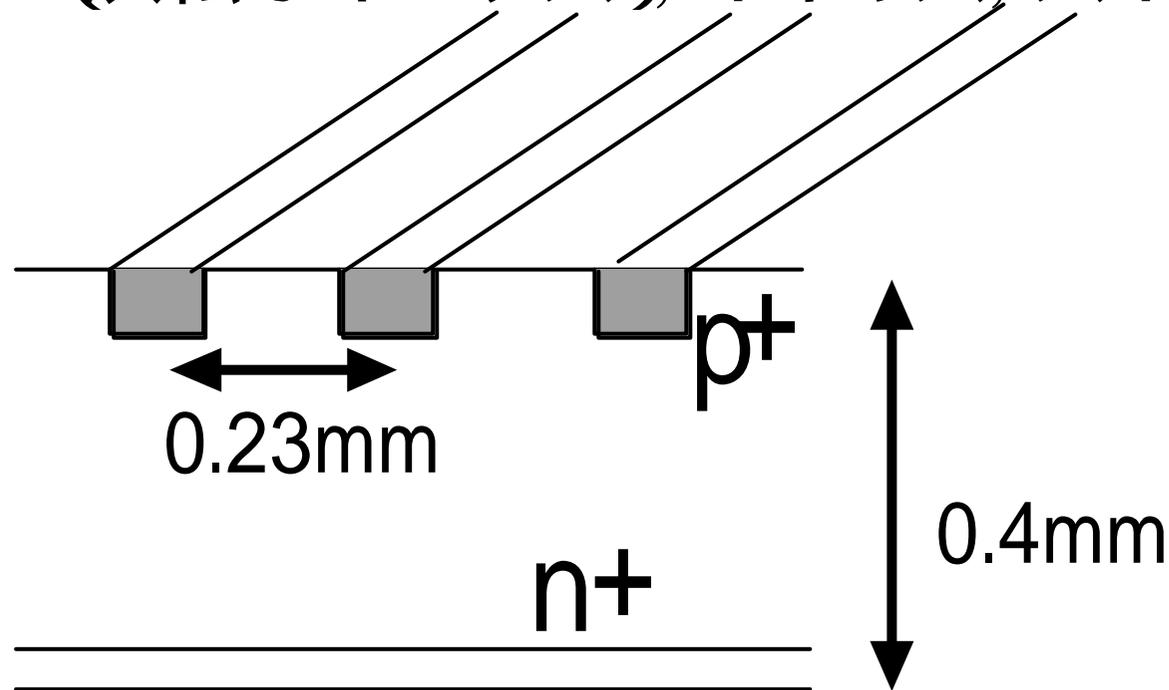
シリコンストリップ	実績あり、安定 軽い、BGD低い コンパクト可	読み出し大変
-----------	-------------------------------	--------

CdTe	阻止能高い コンパクト化	読み出し大変 実績少ない
------	-----------------	-----------------

# シリコンストリップ検出器 (SSD)

アイデアと最初の試作: Kemmer et al (late 1970s)

日本 (浜松ホトニクス), イギリス, スイス, イタリア



安定した動作と耐放射線劣化は、加速器実験で実証済み  
GLASTのものは、広島大学が中心に開発

高エネルギー実験で1加速器あたり数万枚近く使われている

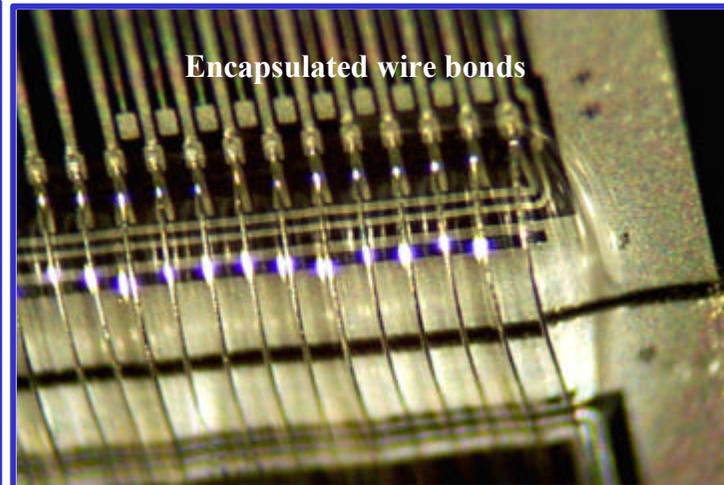
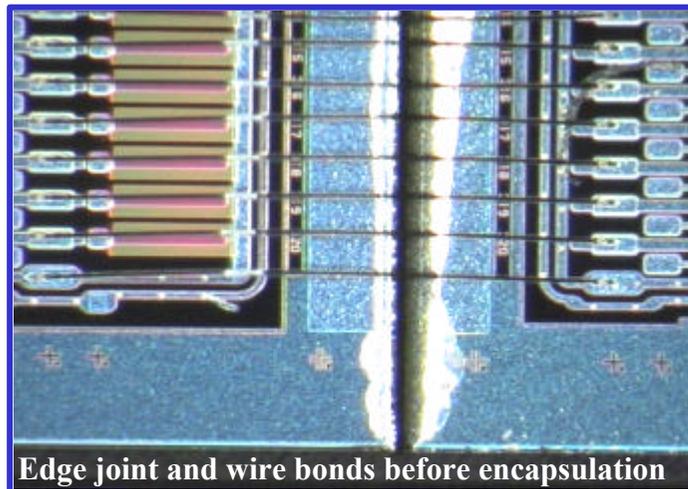
大面積も可能

6インチウェーハ - 上に不感 ch 0.05%以下の高性能のものを実現 (広島大学、HPK)

ワイヤーボンディング技術も確立

ストリップどうしの結線

ストリップとアンプの結線



# 最近になって宇宙観測に使われ始めてきた

## GLAST衛星(2006-)

10MeV--300GeVの次世代ガンマ線衛星  
e+e-対生成粒子の飛跡検出器としてSSD

SSD使用により大面積、大きな視野  
位置決定精度の飛躍  
1万枚近くが使われる。

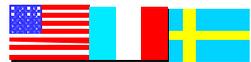
	EGRET	GLAST
Field of View	0.5sr	2.4sr (20% of 4 )
有効面積	1,500cm <sup>2</sup>	11,000cm <sup>2</sup>
1イベントデッドタイム	100ms	20 μ s
点源位置決定精度	5--30分	0.5--5分
点源感度	~ 1 × 10 <sup>-7</sup> cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	~ 1 × 10 <sup>-7</sup> cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> (1日) ~ 2 × 10 <sup>-9</sup> cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> (2年)
検出天体数	271	>10000

ガンマ線コンプトンカメラにも応用されよう  
としている (50-300keV)

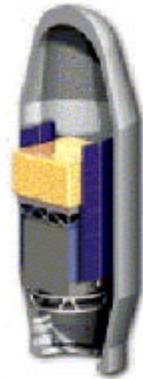
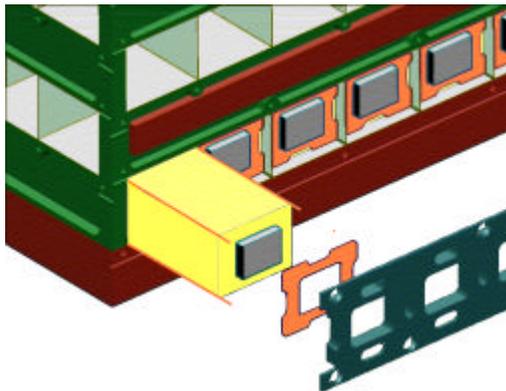
# GLAST衛星の構成



Si-Pb Tracker



CsI Calorimeter



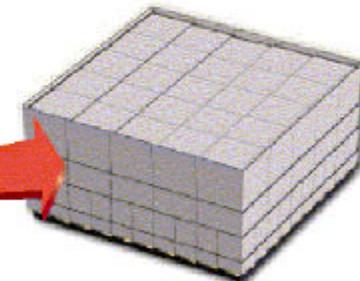
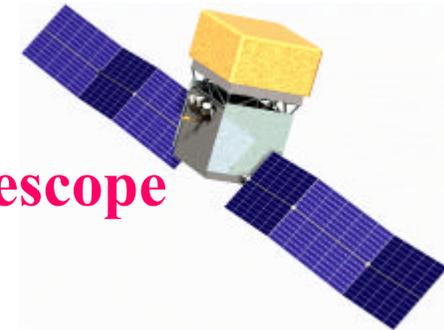
Delta II

7920 H



Large Area Telescope (LAT)

2560 kg, 600 W,  $1.73^2 \sim 1.06$  m



Anti-Coincidence Detector



Gamma-ray Burst Monitor



日本から**広島大学**、理研、宇宙研、東工大が参加  
↳ SSD製造、Geant4などソフト、キヤル

# GLASTに搭載されるSSD

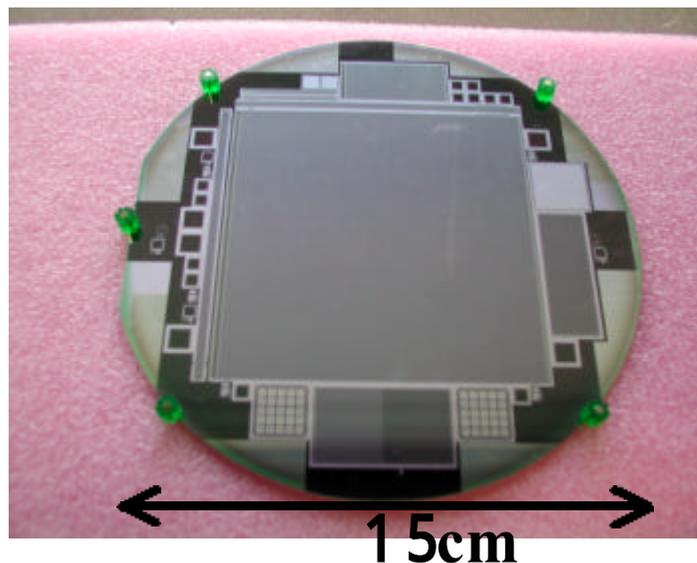
0.4mm厚

0.384mmストリップ間隔

全部で約8000枚

(16\*16枚\*32層)

12,000cm<sup>2</sup>の有効面積

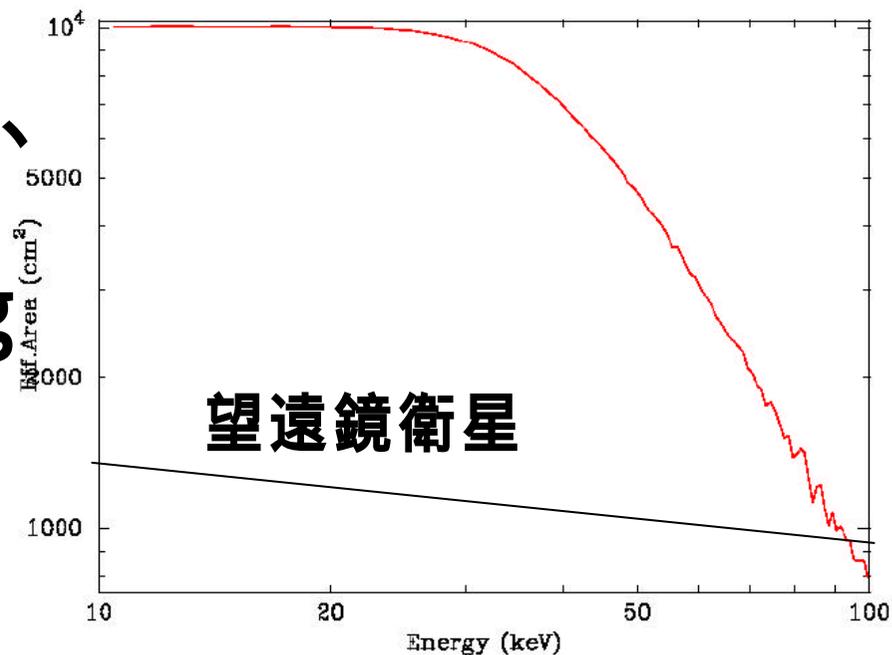


この量のSSDを用いれば、  
大面積硬X線検出器  
になる

Si: 30 kg

+

コリメーターを考える

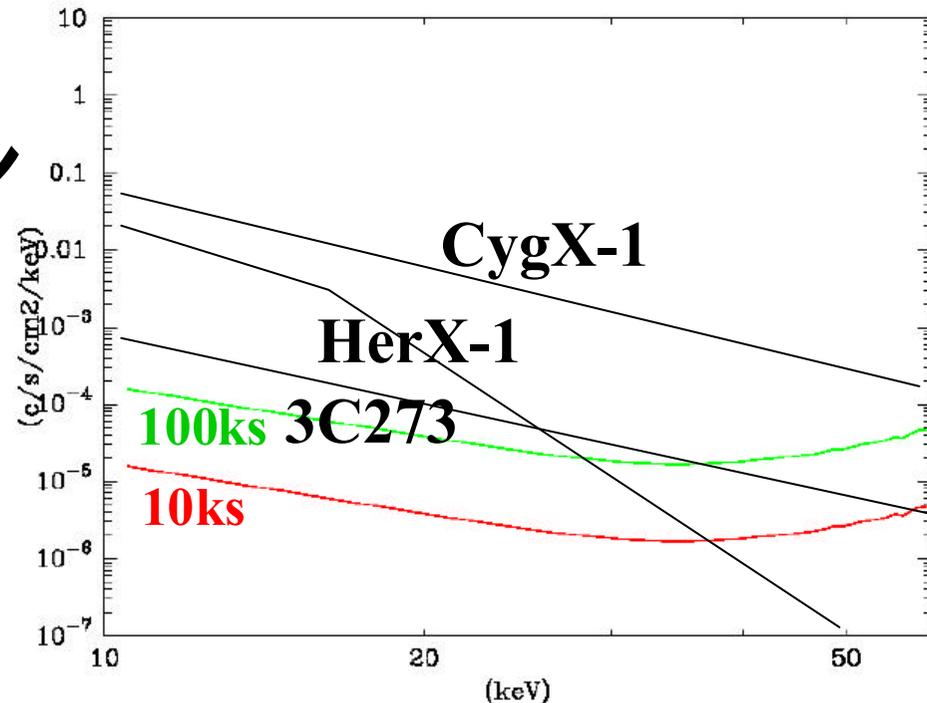


# 大面積検出器のみ可能なサイエンス

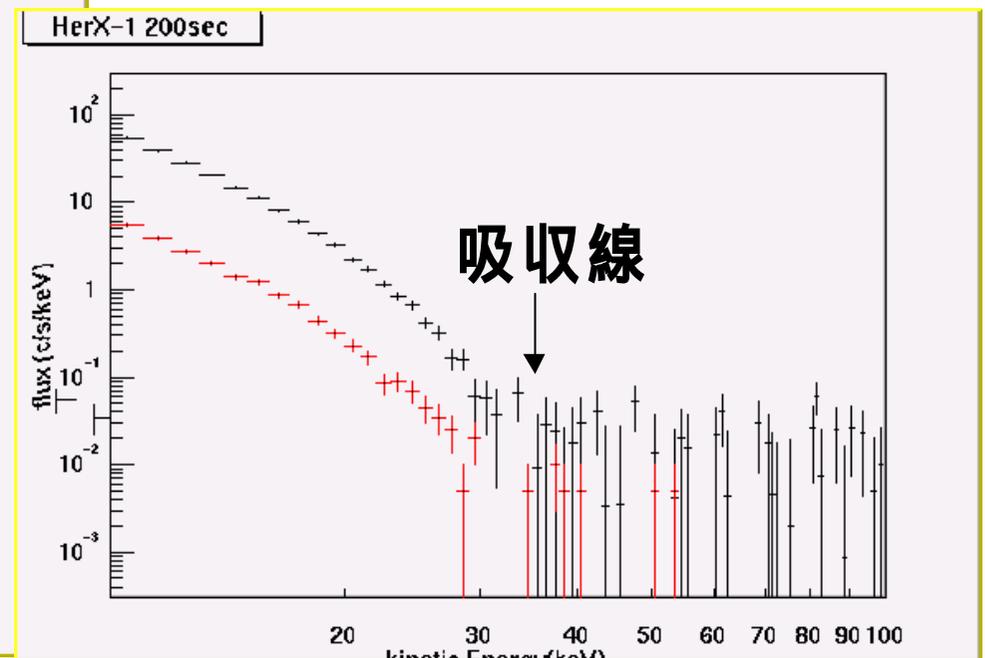
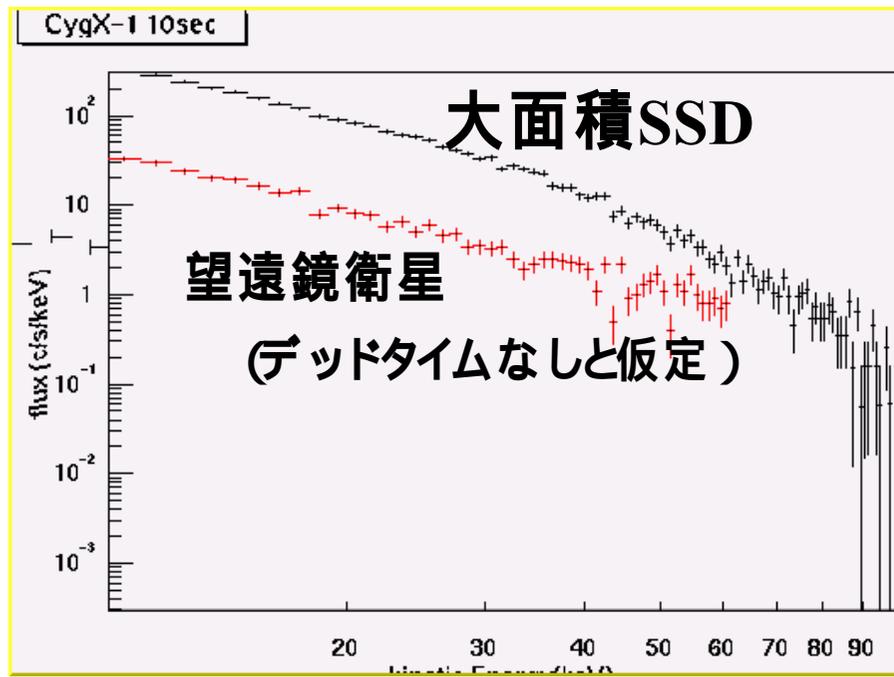
ブラックホール、中性子星などのコンパクト天体の短期時間変動によるスペクトル変化の観測

望遠鏡衛星よりも  
精度の良いスペクトル

例えば、  
3C273 10ks 観測



# コンパクト星の近傍を探るには、 できるだけ短時間の変動を測定するべし 硬X線は、コンパクト星近傍の変化に敏感



BGO結晶でActive Shieldすれば低バックグラウンド

$4 \times 10^{-5} \text{ c/s/cm}^2/\text{keV}$

Astro-E HXD

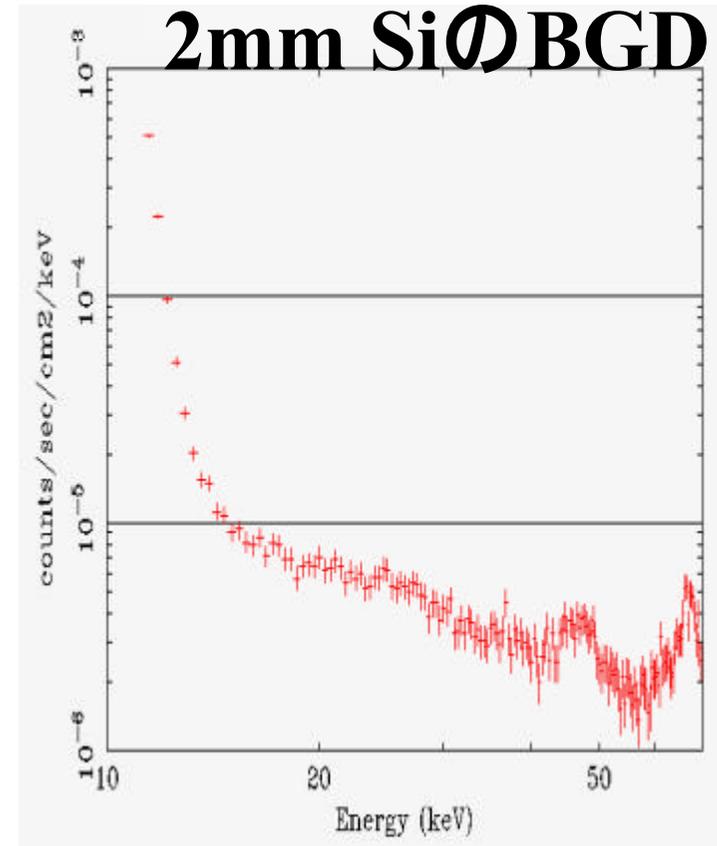
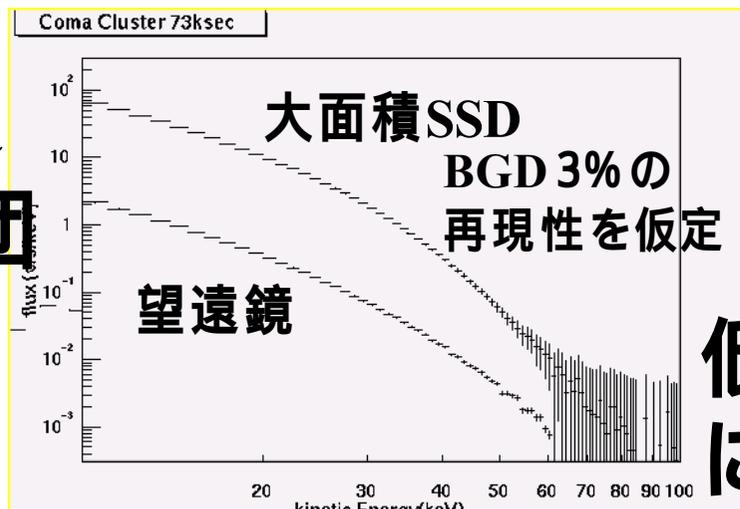
が可能に。

コリメータ 視野 1度くらい



銀河団の非熱的X線観測  
数10分に広がっている

Coma  
銀河団



低温の銀河団(Cen, Virgo)  
に有効 (熱成分の影響小)

**大面積コリメーター型のX線衛星 Ginga, RXTEが  
X線望遠鏡衛星に比べても、十分に成果を出して  
いることを考えれば、一考の価値あり**

**速い時間変動**

**広がった放射観測 (スキャン観測も併用)**

**CXBの10-60keVでの揺らぎ**

**広域サーベイ**

## 開発項目

0.4mm ----> 1mm厚にしてch数減らす  
容量性ノイズの許す限り、パルスハイト測定  
は複数 ch間でサム

ただし、トリガーは、ch個別に

バックグラウンド除去

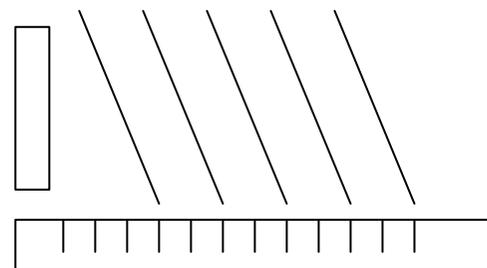
壊れた ch除去

コリメータと合わせて粗い位置測定

読み出し系開発

低ノイズ化

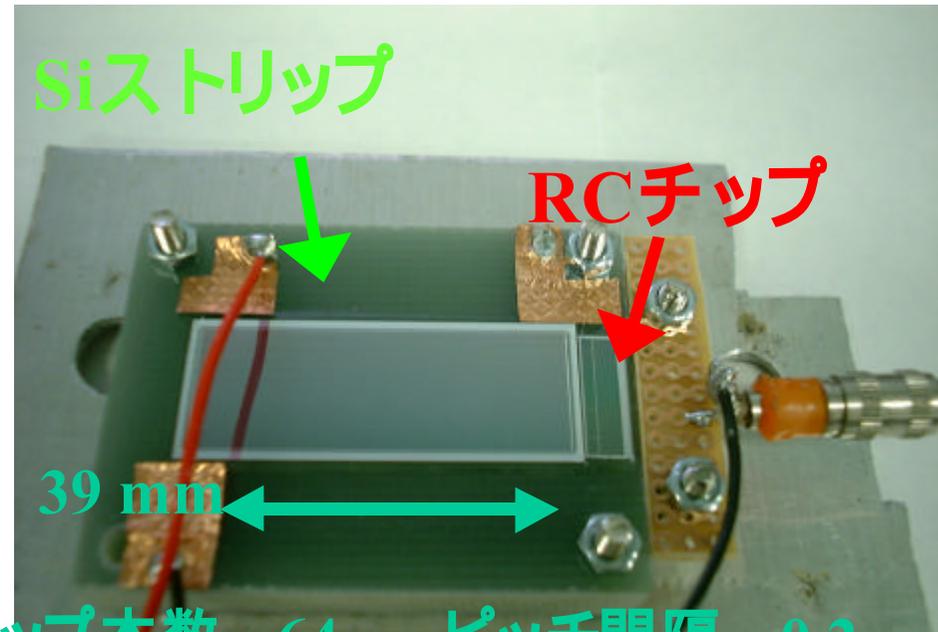
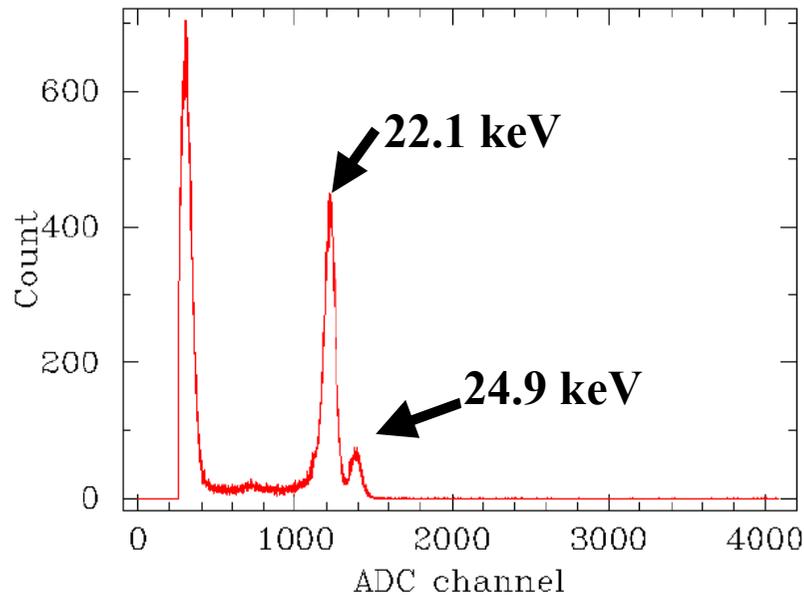
BGOによる低BGD化



# 開発の現状 (広島大学、宇宙研、東大)

多重コンプトン散乱検出器の一環として  
開発を進めている

**E ~ 1keVは達成**



ストリップ本数 : 64    ピッチ間隔 : 0.2 mm

実験のセットアップの写真